

# Leistung und Stresslevel bei Maultieren während eines fünftägigen Gotthardtacks

Marie Pfammatter<sup>1</sup>, Sina Huwiler<sup>1</sup>, Franziska Kägi<sup>1</sup>, Christoph Kopp<sup>1</sup>, Konstanze Krüger<sup>2</sup> und Conny Herholz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, 3052 Zollikofen, Schweiz

<sup>2</sup>Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Pferdewirtschaft, 72622 Nürtingen, Deutschland

Auskünfte: Conny Herholz, E-Mail: conny.herholz@bfh.ch



Unterwegs am Gotthard auf Etappe 2 kurz vor Andermatt auf der Teufelsbrücke. (Foto: F.X. Brun.)

## Einleitung

Im Sommer 2016 haben Freiwillige im Rahmen von «Schweiz aktuell am Gotthard» das Gotthardmassiv auf verschiedenste Arten mehrfach bezwungen – unter anderem mit Maultieren. Während fünf Tagen vom 18. bis am 22. Juli hat eine Gruppe mit drei Maultieren den Weg von Altdorf (UR) nach Giornico (TI) bewältigt. Das sind

insgesamt 94,46 Kilometer und 3364 Höhenmeter. Seit den 1940er Jahren sind keine Studien mehr zur Leistungsfähigkeit von Maultieren gemacht worden. Diese basierten damals auf der Pulsmessung am Start und am Ziel. Die aktuelle fünftägige Gotthardüberquerung wurde genutzt, um Daten zur Leistungserfassung im Rahmen von Herzfrequenzmessungen, der Atemfrequenz, Körpertemperatur und Kortisol Konzentrationen im Kot zur Bestimmung des Stresslevels zu erheben.

## Material und Methoden

### Maultiere

Drei Maultiere standen für den Gotthardtack zur Verfügung:

- Brenda (Stute, 24 Jahre)
- Pasqua (Stute, 12 Jahre)
- Pesche (Wallach, 19 Jahre)

Ihr Heimatbetrieb befindet sich auf 650 Metern ü. M. Die Tiere werden in der Gruppe gehalten, haben täglich Auslauf und Weidegang und werden mit Heu und Mineralergänzung gefüttert. Während des Trekkings hatten sie nachts freien Weidezugang und erhielten am Tag mineralisierte Heuersatzwürfel.

Sie werden regelmässig für Trekkingtouren eingesetzt und wurden nicht spezifisch für diese Tour trainiert. Der Gotthard-Treck war für sie allerdings der erste Treck im Jahr 2016.

Jedes der Maultiere trug während des Trekkings ein Gewicht von 80 kg. Während der letzten beiden Etappen wurde Pesche geritten, das Gewicht der Reiterin betrug 53 kg, weiteres Gepäck kam nicht dazu.

### Etappen Gotthardtack

Der fünftägige Gotthardtack hatte eine totale Länge von 94,46 km, wobei insgesamt 3364 Höhenmeter überwunden wurden. Total wurden 1655 Höhenmeter bergauf und 1709 Höhenmeter bergab zurückgelegt. Tabelle 1

**Tab. 1 | Beschreibung der 5 Etappen des Gotthardtrecks**

Etappe	Datum	Start–Ziel	km	Dauer	Höhendifferenz
1	18.07.16	Flüelen–Gurtellen	22,47	6 h 04	242 m positiv
2	19.07.16	Gurtellen–Andermatt	21,52	6 h 39	756 m positiv
3	20.07.16	Andermatt–Hospiz	11,48	3 h 37	657 m positiv
4	21.07.16	Hospiz–Rodi	20,99	6 h 06	1147 m negativ
5	22.07.16	Rodi–Giornico	18	5 h 00	562 m negativ
<b>Total</b>		<b>Flüelen–Giornico</b>	<b>94,46</b>	<b>27 h 26</b>	<b>Total = 3364 m</b>

und die Abbildungen 1 bis 5 zeigen die Detailangaben der einzelnen Etappen. Unten stehende Grafiken illustrieren den Etappenverlauf.

### Erhebung leistungsrelevanter Daten

Vor dem Trekking, alle zwei Stunden während dem Trekking und direkt nach dem Trekking wurden die Herz- beziehungsweise Atemfrequenz und die Körpertemperatur der Maultiere gemessen. Die Atemfrequenz wurde anhand der Bewegungen der seitlichen Bauchwand von der untersuchenden Person, schräg hinter dem Maultier stehend, ausgezählt. Die Körpertemperatur wurde mit einem Fieberthermometer rektal gemessen. Die Herzfrequenz wurde mit Hilfe eines Stethoskops auf Herzhöhe an der linken Brustwand abgehört (Abb. 6 und 7). Herz- und Atemfrequenz wurden eine Minute lang ausgezählt. Während des Trekkings fand die Herzfrequenzmessung jeweils fünf bis zehn Minuten nach Beginn eines Marschhaltes statt. Die Zeit der Datenerhebung konnte hier aufgrund des begleitenden Filmteams mit Kameras nicht exakt standardisiert und protokolliert werden. Der Zeitpunkt bis zu den Messungen betrug aber nie länger als zehn Minuten. Die erhobenen Herzfrequenzen werden daher als Erholungswerte interpretiert. Eine kontinuierliche Herzfrequenzmessung war aufgrund der Bastsättel nicht störungsfrei möglich. Dafür müssen zwei Metallplättchen (Elektroden) an der linken seitlichen Brustwand platziert werden, was normalerweise unter dem Reitsattel oder einem durchgehenden Gurt erfolgt (System POLAR V800).

Pesche wurde während der letzten beiden Etappen geritten, so dass die Pulsfrequenz kontinuierlich aufgezeichnet werden konnte.

Bei allen Etappen diente das in den Pulsuhren integrierte GPS System (auch ohne Elektroden funktionierend) dazu, die Strecke, geleistete Höhenmeter und die Tagestemperaturen (°C) zu dokumentieren. Die tägliche Luftfeuchte (%) wurde über Meteo Schweiz oder Meteozentral abgefragt.

### Zusammenfassung

Während einer fünftägigen Gotthardüberquerung im Sommer 2016 haben drei Maultiere als Tragtiere mit einer Gepäcklast von je 80 kg rund 94,46 Kilometer und 3'364 Höhenmeter bewältigt. Die Leistungsanforderung wurde anhand der Erholungswerte der Vitalparameter Herzfrequenz, Atemfrequenz und Körpertemperatur, sowie durch kontinuierliche Herzfrequenzmessung während der Belastung evaluiert. Die Bestimmung der Glukortikoid-Metabolit Konzentration im Kot diente zur Einschätzung des Stresslevels der drei Maultiere. Die Erholungswerte der Herzfrequenzen der drei Maultiere lagen während allen Trekkingetappen in einem Bereich, der nicht auf eine Leistungsüberforderung schliessen liess. Anhand der kontinuierlichen Herzfrequenzaufzeichnung bei einem der Maultiere konnte gezeigt werden, dass die physische Leistungsanforderung im Ausdauerbereich lag. Wie als normale physiologische Reaktion des Körpers nach einer fünftägigen körperlichen Belastung erwartet, stieg Stresslevel gemessen an den Glukortikoid-Metaboliten im Kot gegen Ende des Trecks bei allen Maultieren an. In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass die Maultiere während des Gotthardtrecks ausdauernd belastbar waren, ohne durch die Anstrengung beeinträchtigt zu sein, die schon historisch von Maultieren abverlangt wurde.

### Messung des Stresslevels

Zur Einschätzung des Stresslevels der Maultiere wurde die Untersuchung der Konzentration von Glukortikoid-Metaboliten im Kot gewählt. Der gemessene Wert widerspiegelt den Stress der vergangenen 24 Stunden. Am Morgen zwischen 7 und 10 Uhr wurden von den Kothaufen jeweils eines Tieres fünf kleinere Mengen entnommen, die in einem Plastikbeutel durchmischt wurden. Von diesen individuellen Mischproben wurde ein etwa Fingernagel-grosses Stück in einen ungebleichten Teebeutel verpackt und dieser in ein 50 ml Plastikröhrchen mit 20 ml Silikagel gesteckt (Abb. 8). Durch das Silikagel wurden die Proben getrocknet und bis zur Analyse im Labor haltbar gemacht (Krüger, persönliche Mitteilung). Eine Kotprobe wie beschrieben, wurde von jedem Maultier am 23.6.2016 im Heimatstall entnommen, sowie an jedem der fünf Trekkingtage vom 18.7. bis 22.7.2016.

### Erhebung des Körpergewichtes der Maultiere

Das Körpergewicht der Maultiere wurde mit Hilfe eines Gewichtbandes (Weight Tape®) bestimmt und zwar im Heimatstall (23.6.2016), vor Beginn (18.7.2016) und am Ende des Trekkings (23.7.2016).

### Statistik

Manuell erhobene Daten wurden mit dem Statistikprogramm NCSS 9 ausgewertet. Pearson-Korrelationen zwischen physiologischen Parametern sowie Temperatur und Luftfeuchte wurden bestimmt. Die kontinuierlich mit der Polar Uhr aufgezeichneten Herzfrequenzdaten und Höhendifferenzen wurden mit dem Programm R (Version 3.3) ausgewertet.

## Resultate und Diskussion

### Untersuchungen zur Leistungsanforderung

Zur Beurteilung der Ruhewerte wurden die drei Maultiere in ihrer gewohnten Umgebung untersucht (Tab. 3). Die Aussentemperatur lag an diesem Tag bei 35°C und die Luftfeuchte bei 46 %, womit die leichte Erhöhung der Ruhewerte bei den Maultieren erklärt werden kann. Die Beurteilung von Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden eines Tieres kann anhand der Messung von Vitalparametern (Herz- bzw. Pulsfrequenz, Atemfrequenz und Körpertemperatur) erfolgen (Snow und Vogel 1987). Mit Hilfe der Herzfrequenzmessung kann bestimmt werden, in welchem Intensitätsbereich die körperliche Anstren-

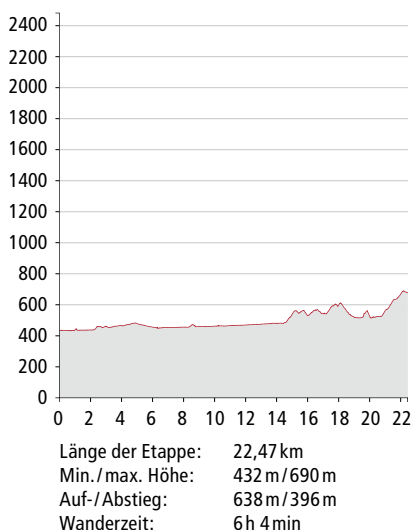


Abb. 1 | Tag 1, Flüelen–Gurnellen (Intschi).

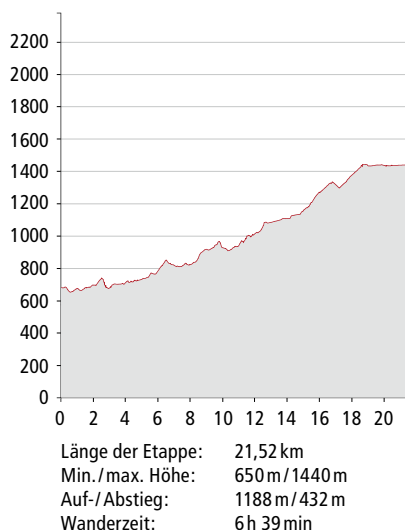


Abb. 2 | Tag 2, Gurnellen (Intschi)–Andermatt.

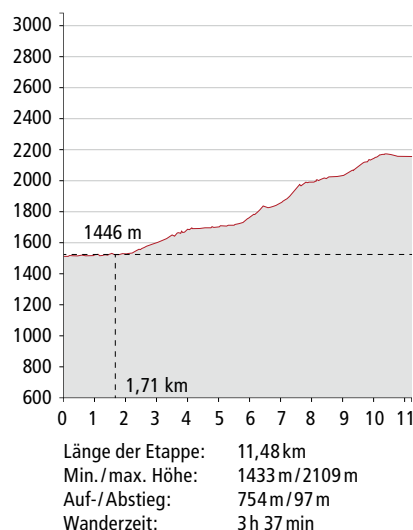


Abb. 3 | Tag 3, Andermatt–Hospiz.

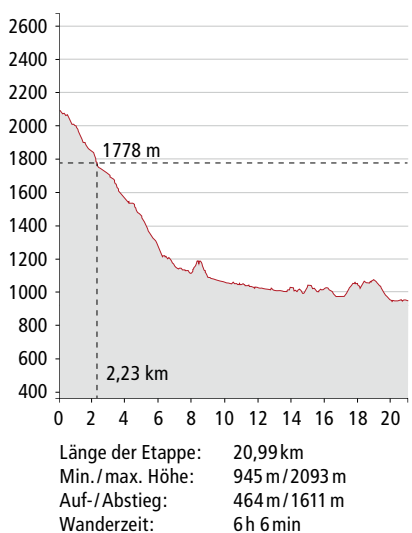


Abb. 4 | Tag 4, Hospiz–Rodi (Dazio Grande).

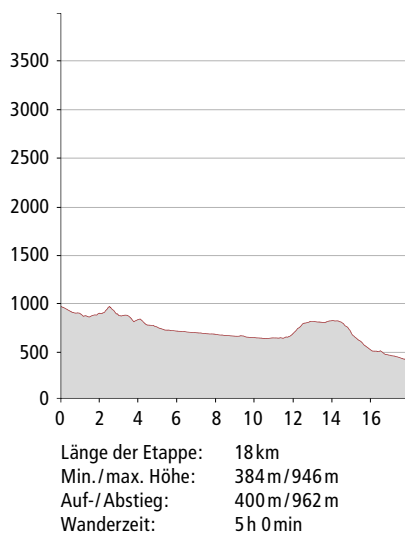


Abb. 5 | Tag 5, Rodi–Giornico.





**Abb. 6** | Messung der Herzfrequenz an der linken Brustwand.



**Abb. 7** | Überprüfung der Körpertemperatur. Rektal.



**Abb. 8** | Kotprobe im Teebeutel in einem 50ml Plastikröhrchen mit 20ml Silikagel.

gung anzusiedeln ist. Beim Pferd ist bekannt, dass im Ausdauerleistungsbereich mit Herzfrequenzen von bis zu etwa 150/min gearbeitet wird. Dies ist bei Distanzpferden überwiegend der Fall, wenn sie Strecken von bis zu 160 km laufen. Demgegenüber arbeiten Rennpferde in einem viel höheren Leistungsbereich. Bei ihnen kann die Herzfrequenz bis auf 240/min steigen. Natürlich sind solche Höchstleistungen nur über kurze Zeit möglich (Hodgson *et al.* 2013). Bei Maultieren gab es eine Untersuchung (Zumtaugwald 1944), bei der Pulsfrequenzen vor und nach der Arbeit gemessen wurden. Es handelte sich um eine dem Gotthardttrack vergleichbare Strecke, allerdings mit grösserer Höhendifferenz und höherem Bastgewicht (155 kg versus 80 kg). Die durchschnittlichen Pulsfrequenzen lagen dabei vor dem Start bei 42/min, am Ziel bei 92/min.

Die Erholungsherzfrequenzen der drei Maultiere lagen während der fünf Trekkingetappen zwischen 40–72

Schlägen/min (Abb. 9). Im Distanzsport, bei dem die Pferde Strecken zwischen 80 und 160 km zurücklegen, dürfen sie bei den Zwischenkontrollen, den sogenannten Vet-Checks erst weiter laufen, wenn die Herzfrequenz unter 65/min gesunken ist (Younes *et al.* 2015). An Tag 1, 4 und 5 lag die Herzfrequenz bei allen drei Maultieren nach max. 10 min unter 65/min. Während der Etappen 2 und 3 lag die Erholungsherzfrequenz bei Pesche viermal über 64/min, bei Pasqua zweimal. Maximal betrug sie 72/min. Während der Etappen 2 und 3 wurden die grössten Steigungen bei Temperaturen über 20 °C zurückgelegt. Bei der Interpretation muss aber auch berücksichtigt werden, dass es einen Unterschied ausmacht, ob die Herzfrequenz 5 oder 10 min nach Anhalten bestimmt wird, was bei diesem Datensatz nicht genau protokolliert werden konnte. Grundsätzlich lagen die Erholungsherzfrequenzen aber zu keiner Zeit in einem Besorgnis erregenden Bereich.

**Tab. 2** | Übersicht über den Ablauf der Datenerhebung

Daten- erhebung	Manuell			Polar Pulsuhr			Meteo Schweiz
	HF	AF	T <sub>k</sub> °C	HF	T °C	Position GPS	Luftfeuchte %
Täglich	Vor dem Start Alle 2 Std. Vor der Mittagspause Alle 2 Stunden Bei Ankunft			HF Maultier Pesche: Etappe 4 & 5  T & GPS: kontinuierlich			Tages- mittelwerte

HF/min Herzfrequenz pro Minute  
AF/min Atemfrequenz pro Minute  
T<sub>k</sub> °C Körpertemperatur in Grad Celsius  
T °C Aussentemperatur in Grad Celsius

**Tab. 3** | Vitalparameter der Maultiere im Heimatstall

Name	HF/min	AF/min	T <sub>k</sub> °C
	Norm: 28–40/min	Norm: 8–16/min	Norm: 37,2–38 °C
Brenda	43	24	38,3
Pasqua	42	20	38,3
Pesche	46	20	37,8
<b>Durchschnitt</b>	<b>43,7</b>	<b>21,3</b>	<b>38,1</b>

HF/min Herzfrequenz pro Minute  
AF/min Atemfrequenz pro Minute  
T<sub>k</sub> °C Körpertemperatur in Grad Celsius

Die Atemfrequenzen lagen 5–10 min nach dem Anhalten zwischen 12 und 52/min (Abb. 10). Die höchste Atemfrequenz wurde am Tag 2 bei Pesche gemessen. An diesem Tag betrug die Aussentemperatur 27°C und die Tiere mussten die grösste Steigung zurücklegen. Im

Durchschnitt lag die Atemfrequenz bei den drei Maultieren am Tag 1 maximal bei 37/min, an Tag 2 bei 46/min, Tag 3 bei 34/min und an Tag 5 bei 22/min. Zum Vergleich: bei Pferden kann sich die Atemfrequenz im Wettkampf bis auf 100/min steigern.

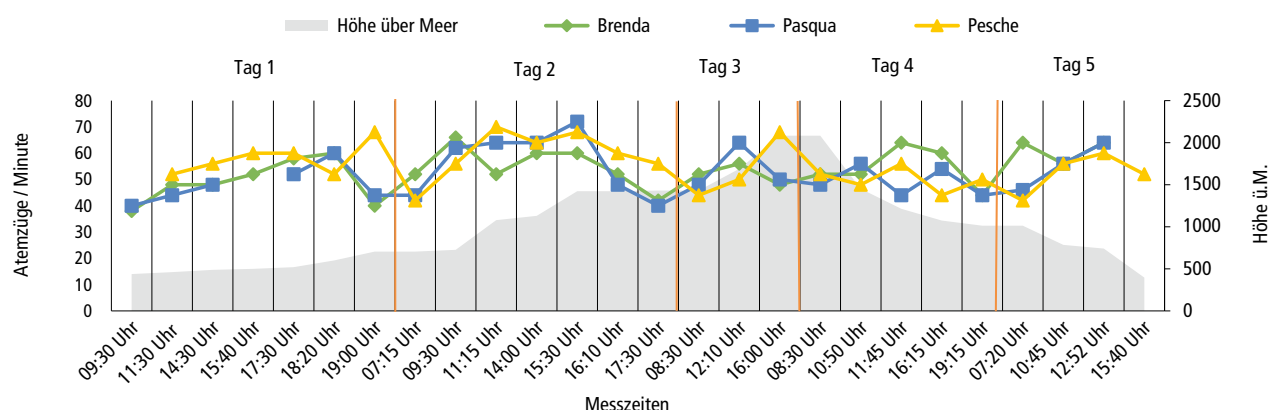


Abb. 9 | Verlauf der Erholungsherzfrequenzen während den fünf Trekkingetappen.

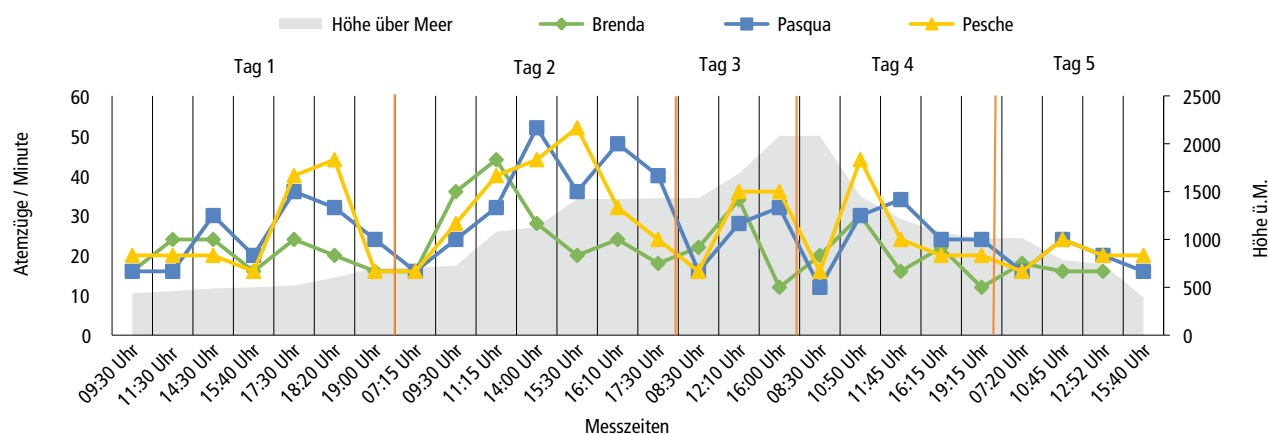


Abb. 10 | Verlauf der Erholungsatemfrequenzen während den fünf Trekkingetappen.

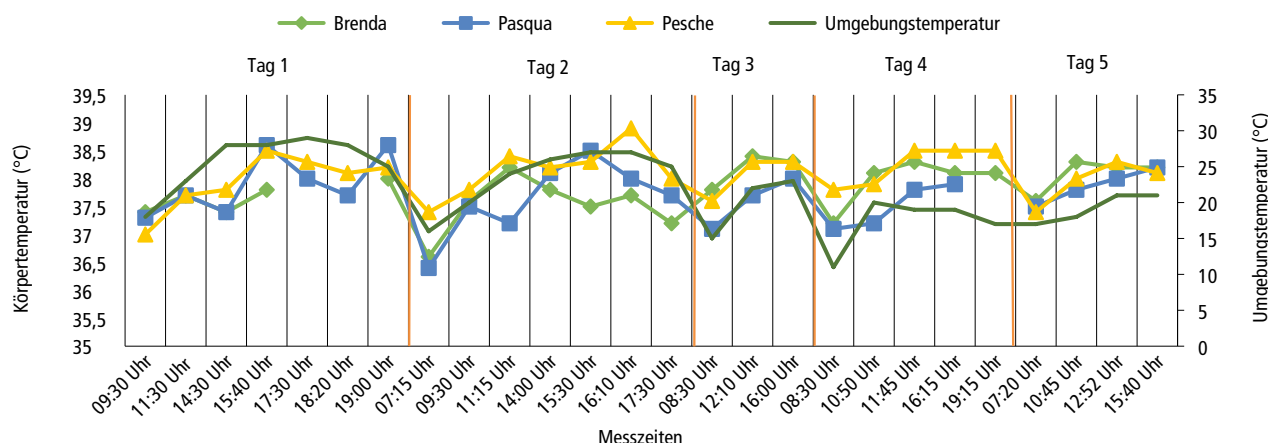
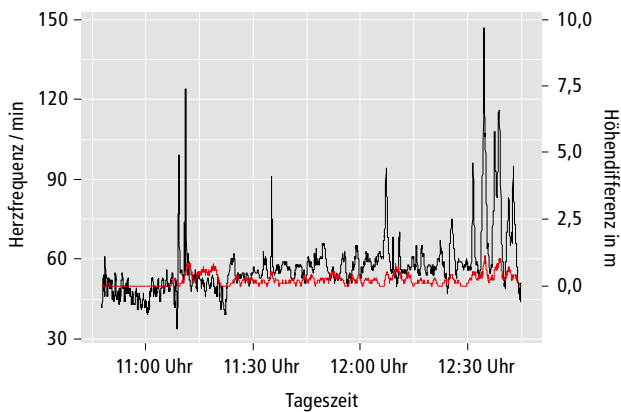


Abb. 11 | Körpertemperatur (°C) jeweils 5–10 min nach Belastungsende und die Umgebungstemperatur.



**Abb. 12** | Herzfrequenzverlauf (schwarze Kurve) und Höhendifferenz (rote Kurve) aufgezeichnet bei Maultier Pesche.

Die maximale Körpertemperatur, die 5–10 min nach Belastungsende gemessen wurde, betrug 38,9 °C bei Pesche (Tag 2, Abb. 11). Damit waren die drei Maultiere zu keinem Zeitpunkt zu stark erhitzt. Es wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen Körper- und Aussentemperatur gefunden ( $r=0,50$ ,  $p<0,01$ ).

Bei Belastung steigt die Körpertemperatur alle 3 min um 1 °C, nach 10 min wäre die Körpertemperatur auf einem kritischen Level. Als kritisch wird eine Körpertemperatur über 41 °C angesehen, dann muss das Tier möglichst schnell mit kühlem Wasser und Ventilatoren heruntergekühlt werden. Damit der Körper nicht zu rasch überhitzt, setzen die Mechanismen zur Thermoregulation ein, die beim Pferd/Maultier in erster Linie im Schwitzen und der damit verbundenen Wärmeverdunstung zu suchen sind. Bei hohen Aussentemperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit erhitzt der Körper dennoch schneller als bei tiefen Aussentemperaturen bzw. geringerer Luftfeuchtigkeit.

Das Maultier Pesche wurde auf den Etappen 4 und 5 geritten. Abbildung 12 illustriert die kontinuierlich aufgezeichnete Herzfrequenz/min und die überwundene Höhendifferenz während Etappe 5 zwischen 11.00 und 13.00 Uhr. Es wird deutlich, dass die Herzfrequenz zu keiner Zeit über 150/min stieg, woraus geschlossen werden kann, dass das Maultier Pesche ausschliesslich im Ausdauerleistungsbereich gearbeitet hat. Es lassen sich jedoch keine Rückschlüsse über die Beanspruchung bei anderen Wegabschnitten oder die Leistung der anderen Maultiere daraus ziehen.

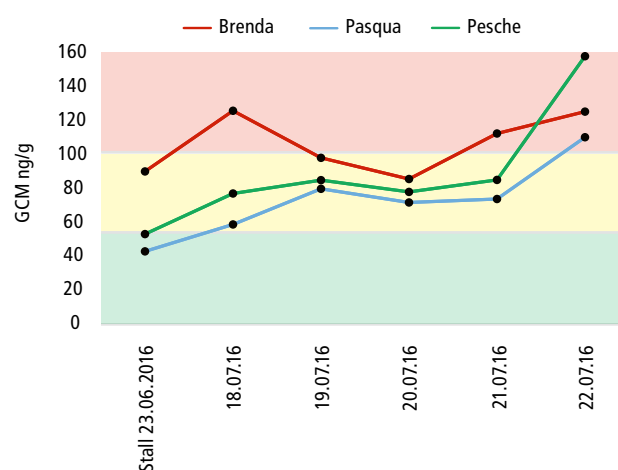
### Untersuchungen zum Stresslevel

Stress wird als eine unspezifische Reaktion des Körpers auf äussere Reize (Stressoren) verstanden. Diese Reize können sehr vielfältig sein und positiv oder negativ wahr-

genommen werden. Eine körperliche Anstrengung löst physiologischerweise eine «Stressantwort» des Körpers aus, aber auch geistige Erlebnisse führen dazu (Alexander *et al.* 1991). Stress ist somit eine lebenswichtige Reaktion für die Anpassungsfähigkeit eines Individuums. Erst langanhaltender Stress kann zu körperlichen oder geistigen Schäden führen. Beim Pferd ist im Rahmen der Entwicklungsgeschichte bekannt, dass die Stressreaktion eine überlebenswichtige Reaktion bei der Flucht darstellte (Briefer 2010). Eine Trainingsanforderung versetzt den Körper in eine Situation der erhöhten Aufmerksamkeit und Anspannung, was durch einen Anstieg der Hormone Adrenalin und Noradrenalin erreicht wird. Adrenalin ist als «Stresshormon» bekannt – es führt bei der Freisetzung im Blut dazu, dass die Herzfrequenz und der Blutdruck ansteigen, die Bronchien weit gestellt werden und eine schnelle Energiebereitstellung durch Fettabbau gewährleistet ist. Also alles Reaktionen des Körpers, die zur Leistungserbringung notwendig sind. Erst nach der Belastung kommt es zum Kortisolanstieg.

Mit Hilfe der Analyse von Glucokortikoid-Metaboliten (GCM) im Kot ist es möglich, Aussagen über die Höhe des «Stressniveaus» der letzten 24 Stunden zu treffen, da diese Metaboliten beim Pferd oder auch Maultier mit 24 Stunden Verzögerung ausgeschieden werden (Flaugher *et al.* 2010).

Abbildung 13 zeigt den GCM-Verlauf im Heimatstall, vor Beginn und während des Trekkings. Die am 18.7. entnommene Probe korrespondiert mit den Ereignissen



**Abb. 13** | Glucokortikoid-Metabolitenentwicklung bei den Maultieren in Ruhe und während des Gotthardttracks.

GCM = Glucokortikoid-Metaboliten ng/g; die Werte korrespondieren mit dem GCM-Niveau des Vortages

Grüne Zone: GCM-Werte bis 60 ng/g = Ruhewerte

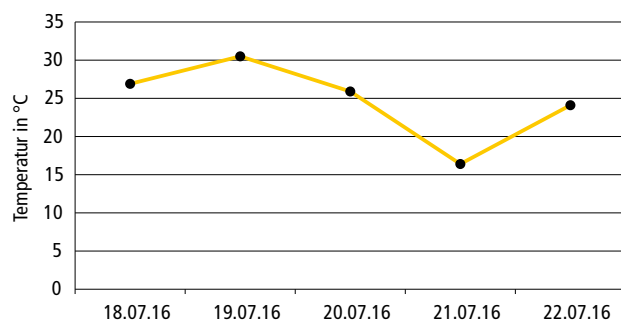
Gelbe Zone: GCM-Werte 60 ng/g – 100 ng/g = Zone erhöhter Aufmerksamkeit, leichter Stress

Rote Zone: GCM-Werte > 100 ng/g = Stress

**Tab. 4 | Körpergewicht der Maultiere im Heimatstall, am Start und am Ziel des Gotthardtrecks**

Datum	Maultier 1 (Brenda)	Maultier 2 (Pasqua)	Maultier 3 (Pesche)
23.6.2016 (Stall)	555 kg	478 kg	432 kg
18.7.2016 (Start)	510 kg	500 kg	450 kg
23.7.2016 (Ziel)	510 kg	490 kg	440 kg

am Vortag, an dem die Maultiere transportiert wurden. Insbesondere bei Brenda, dem weiblichen und ältesten Maultier, ist eine erhöhte Stressreaktion zu sehen. Allerdings zeigte dieses Maultier auch im Heimatstall einen erhöhten Basalwert. Durch andere Forschergruppen wurde festgestellt, dass weibliche und ältere Tiere grundsätzlich einen höheren Basalwert der GCM haben, als männliche und jüngere (Krüger persönliche Mitteilung). Möglicherweise ist der erhöhte Wert im Heimatstall zusätzlich auf die Hitze an jenem Tag (35 °C) und die herabgesetzte Thermoregulation bei älteren Tieren zurückzuführen. Während des Trekkinges blieben die Werte in einem Bereich, die bei jeder physischen Arbeit zu erwarten ist. Erst am letzten Tag wurde bei allen drei Maultieren ein Anstieg deutlich, eine Beobachtung, die durch die Kumulation nach mehreren Tagen Anstrengung über insgesamt 95 km erklärbar ist. Zudem ist wiederum zu bedenken, dass sich diese Werte auf Ereignisse des Vortages beziehen, an dem die grössten Höhenunterschiede bewältigt wurden (1148 m), vor allem bergab (Tab. 1). Die bergab Bewegung beansprucht andere Muskelgruppen als beim bergauf Laufen und kann somit ebenfalls eine Art Stress darstellen. Zudem betrug die durchschnittliche Temperatur an jenem Tag 15 °C weniger als am heissesten Tag (Abb. 14). Bei Maultier Pesche kann der deutliche GCM-Anstieg zusätzlich darauf zurück zu führen sein, dass er an dem korrespondierenden Tag geritten wurde. Obwohl die Reiterin leichter war, als das auf dem Traggestell transportierte Gepäck kann das Einwirken der Person als solches als Stressfaktor gewirkt haben.

**Abb. 14 | Mittlere Tagestemperaturen während des Gotthardtrecks.**

### Körpergewicht der Maultiere

Unten stehende Tabelle 4 dokumentiert die mit dem Massband bestimmten Körpergewichte (kg) der drei Maultiere. Brenda verlor im Zeitraum zwischen Stall und Start 45 kg (8,1 %). Möglicherweise ist der Gewichtsverlust auf den Transportstress zurückzuführen. Sie ist das älteste Maultier und zeigte von den drei Maultieren den grössten Anstieg an Glucokortikoid-Metaboliten (Abb. 13). Während der eigentlichen Anstrengung des Trecks blieb das Gewicht bei allen praktisch gleich. Bei den Maultieren Pasqua und Pesche ist das Körpergewicht im Verlauf des Trecks stabil geblieben und sie haben im Vergleich zum Ruhezustand im Heimatstall am Treckingende sogar an Gewicht zugelegt.

### Schlussfolgerungen

Historisch gelten Maultiere als genügsame, trittsichere und ausdauernde Tragtiere im unwegsamen Gelände. Anhand dieser Studie konnten wertvolle Informationen zu Vitalparametern und der Beanspruchung von Maultieren während eines fünftägigen Gotthardtrecks gewonnen werden. Es hat sich gezeigt, dass die drei Maultiere auch ohne vorheriges Training die Strecke problemlos bewältigen konnten.

Wie nach einer mehrtägigen körperlichen Anstrengung zu erwarten ist, stieg der Stresslevel, gemessen an den Glucokortikoid-Metaboliten im Kot, gegen Ende des Trecks bei allen Maultieren an. Hätte die Tour länger gedauert, wäre eventuell ein Erholungstag mit geringerer Aktivität angezeigt gewesen. Die hier gemachten Erfahrungen sind eine wertvolle Grundlage dafür, wie weitere und umfassendere Untersuchungen bei grösseren Populationen angegangen werden können. Für die Zucht und genetische Erfassung von Maultieren, als erstaunlich genügsame Tiere, könnte die Erhebung zeitgemässer Leistungsparameter wertvoll sein. ■

**Riassunto****Muli: prestazione e livello di stress durante una traversata del Gottardo di 5 giorni**

Nell'estate del 2016 tre muli impiegati come animali da soma hanno attraversato il Gottardo portando un carico di 80 kg ciascuno e percorrendo in cinque giorni un percorso di circa 94,46 chilometri con un dislivello di 3364 metri. La prestazione è stata valutata sulla base dei valori di recupero dei parametri vitali (frequenza cardiaca, frequenza respiratoria, temperatura corporea) e misurando costantemente la frequenza cardiaca sotto sforzo. Il livello di stress dei tre muli è stato valutato in funzione della concentrazione di metaboliti glicocorticoidi riscontrata nelle feci. In tutte le tappe del trekking i valori di recupero della frequenza cardiaca registrati nei muli rientravano in un intervallo che non lasciava supporre un sovraccarico. Sulla base della registrazione costante della frequenza cardiaca di uno dei tre muli è stato possibile dimostrare che l'intensità dello sforzo fisico non superava il loro intervallo di resistenza. Come previsto, verso la fine del trekking la concentrazione di metaboliti glicocorticoidi nelle feci di tutti e tre i muli indicava un aumento del livello di stress; si tratta di una reazione fisiologica normale dopo uno sforzo fisico di cinque giorni. Questo studio ha dimostrato che lo sforzo sopportato dai muli per portare un carico attraverso il Gottardo, un compito da secoli richiesto a questi animali, rientrava nel loro intervallo di resistenza e non ha avuto ripercussioni negative sul loro fisico.

**Summary****Performance and stress level in mules during a five days Gotthard trek**

In the summer of 2016, three pack mules, each carrying a load weighing 80kg, accompanied a 94.46km trek across the Gotthard Pass with a total altitude difference of 3,364m. The mules' performances were evaluated by measuring vital recovery parameters such as heart- and respiratory rates and body temperature, and by continuous heartrate monitoring during the trek. The stress levels of the animals were estimated by determining glucocorticoid metabolite levels in their faeces. Throughout the trekking days, recovery heartrates lay within a range which indicated that the animals were not being overworked. The continuous heartrate monitoring of one of the mules showed that its physical performance lay within the endurance zone. As expected, glucocorticoid metabolite levels were elevated in the faeces of all the mules – a normal physiological response after five consecutive days of exercise. The study shows the mules as being capable of performing at an endurance level during the Gotthard trek with no adverse affects on their health – a performance which was historically expected of the animals.

**Key words:** mules, Gotthard trek, glucocorticoid metabolites in faeces, vital parameters.

**Literatur**

- Alexander S.L., Irvine C.H., Ellis M.J. & Donald R.A., 1991. The effect of acute exercise on the secretion of corticotropin-releasing factor, arginine vasopressin, and adrenocorticotropin as measured in pituitary venous blood from the horse. *Endocrinology* **128** (1), 65–72.
- Briefer S., 2010. Le stress chez le cheval. *Le Franches-Montagne* N° 100, 22–23.
- Flauger B., Krueger K., Gerhards H. & Mostl E., 2010. Simplified method to measure glucocorticoid metabolites in faeces of horses. *Veterinary research communications* **34** (2), 185–195.
- Hodgson D.R., McGowan C.M. & McKeever K., 2013. The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine. Elsevier Health Sciences.
- Snow D.H. & Vogel C.J., 1987. Equine Fitness. The care and training of the Athletic Horse. David & Charles Newton Abbot Publishers.
- Younes M., Robert C., Cottin F. & Barrey E., 2015. Speed and cardiac recovery variables predict the probability of elimination in Equine Endurance Events. PLoS One, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0137013>.
- Zumtaugwald K., 1944. Der heutige technische und wirtschaftliche Stand der Walliser-Maultierzucht und ihre zukünftige Förderung im Dienste der Walliser-Landwirtschaft und der schweizerischen Armee. Diplomarbeit Abteilung für Landwirtschaft, ETH, Zürich